

N° 72



# repères

PÉRIODIQUE D'ALTERRE BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ | JUIN 2017



LA  
**JOURNÉE**  
ALTERRE 2017

**BIO  
MIMÉ  
TISME**

L'innovation  
nature !

**SYNTHÈSE**

  
**alterre**  
bourgogne  
franche-comté

Avec le soutien de :



RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTÉ





Chaque année, l'agence organise une **journée de conférences et de tables rondes** sur un thème émergent, avec la participation d'experts et d'acteurs de terrain. Cette journée constitue un temps privilégié de partage de connaissances et de croisement d'expertises, ouvert à tous. L'objectif est de mettre en lumière et en perspective différentes approches et visions pour enrichir les points de vue et éclairer les choix.

Ce numéro de Repères constitue une synthèse des propos des intervenants à la **journée consacrée au biomimétisme**, organisée le **17 janvier 2017**, à Dijon.



Sur [www.alterrebourgognefranchecomte.org](http://www.alterrebourgognefranchecomte.org) retrouvez :

- > l'intégralité des interventions dans les actes de la conférence,
- > les biographies dans un document intitulé « À propos des intervenants »,
- > une bibliographie,
- > une sélection de ressources.

## SOMMAIRE

- 3 **ILS ONT FAIT L'OUVERTURE**
- 4 **LES CONFÉRENCES PLÉNIÈRES**  
Quelle innovation dans un monde contraint en ressources ?  
Le biomimétisme, pour réconcilier économie et écologie
- 8 **TABLE RONDE**  
Pourquoi et comment favoriser l'approche biomimétique ?
- 10 **TÉMOIGNAGES**  
Les écosystèmes, source d'inspiration et de solutions pour l'industrie
- 12 **TÉMOIGNAGES**  
L'architecture bio-inspirée
- 15 **CLÔTURE**
- 16 **POUR EN SAVOIR PLUS**



# L'INNOVATION *nature!*

**T**out le fonctionnement de notre société et de nos activités humaines repose sur l'exploitation des ressources naturelles. Celles-ci subissant des pressions sans précédent, nous recherchons des moyens d'être moins destructeurs, moins polluants, plus économes, plus respectueux. **Et si nous prenions exemple sur les trésors d'intelligence que la nature a développé au cours de ses milliards d'années d'évolution ?** Le monde animal et végétal est déjà source d'inspiration pour des industriels, des architectes et des designers en quête d'innovation. En témoignent l'invention du velcro inspiré de la fleur de bardane ou la conception d'un bâtiment d'après les principes de la termitière. Au-delà de ces inventions technologiques, et pour rendre nos activités plus compatibles avec les limites de la biosphère, le biomimétisme est aussi porteur de solutions organisationnelles, telles qu'utiliser les déchets comme ressources, ne pas épuiser ses stocks de ressources mais les renouveler, ne prélever que le nécessaire sans gaspiller, coopérer et se diversifier, ou bien encore se fournir localement.



## LE BIOMIMÉTISME POUR INSTAURER DES MODES DE FONCTIONNEMENT SOUTENABLES

**Stéphane WOYNAROSKI**  
Conseiller régional délégué à la Biodiversité

Le biomimétisme constitue un thème de réflexion récent, innovant et intéressant lorsque l'on cherche à développer des modes de fonctionnement qui ne gaspillent pas inconsidérément les ressources naturelles, ne pillent pas certaines régions au profit des autres, ne dégradent par l'air que nous respirons et l'eau dont nous avons besoin pour vivre, n'entraînent pas une extinction des espèces à un rythme effréné. Le biomimétisme peut nous aider à instaurer des modes de fonctionnement soutenables, tendant à limiter le changement climatique, n'obérant pas l'avenir et permettant, ici et maintenant, de répondre à nos besoins.

Ainsi nous, êtres humains, serions bien inspirés d'observer la nature pour trouver un modèle de développement qui nous permette d'ancrer durablement le fonctionnement de l'humanité dans la biosphère dont nous faisons partie, et dans laquelle nous ne sommes que d'infimes poussières.

# Ils ont fait L'OUVERTURE DE LA JOURNÉE

## ACCOMPAGNER LA TRANSFORMATION DES IDÉES EN ACTIONS CONCRÈTES

**Myriam NORMAND**  
Directrice régionale déléguée, ADEME Bourgogne-Franche-Comté

Je note l'utilisation de termes importants tels que la coopération, le faire ensemble, l'intelligence collective ou encore l'interdisciplinarité. Individuellement et collectivement, nous devons en effet rompre avec nos façons habituelles de fonctionner et partager nos connaissances, nos succès et nos échecs.

Le rôle de l'ADEME, en apportant ses moyens et son expertise, consiste à vous aider à transformer vos idées en actions concrètes sur le territoire, de façon à pouvoir capitaliser sur ces actions et ainsi les démultiplier. L'ADEME se positionne sur les sujets liés au biomimétisme et à l'inspiration du vivant. Au niveau national, l'Agence soutient la recherche et le développement, et finance des thèses et des laboratoires. L'ADEME souhaite incarner un rôle de facilitateur aux côtés des acteurs pour les faire progresser non seulement sur les questions de transition énergétique et écologique, mais aussi sur le biomimétisme.



## S'INSPIRER DU FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES

**Jean-Patrick MASSON**  
Président d'Alterre Bourgogne-Franche-Comté

Nous devons avoir une vision globale et systémique de notre société ainsi qu'une approche la plus large possible, afin de n'en exclure aucun élément, de n'en oublier aucun des acteurs, et d'innover en nous inspirant du vivant grâce à la recherche. S'inspirer du fonctionnement d'un écosystème signifie comprendre les relations entre les espèces, d'où la nécessité, dans nos pratiques, d'observer notre propre écosystème et de nous en inspirer. Tel est le cahier des charges qui nous permettra de construire une stratégie durable dans nos fonctionnements socio-économiques.



## LA NATURE, UN GISEMENT D'INNOVATION À PROTÉGER

**Florence LAUBIER**  
Directrice régionale adjointe, DREAL Bourgogne-Franche-Comté



Le biomimétisme consiste à imiter les propriétés remarquables du vivant : formes, procédés biologiques, écosystèmes et relations entre eux. Prenons par exemple la combinaison de plongée qui s'inspire des propriétés hydrodynamiques de la peau du requin. Nous pouvons également nous inspirer du vivant pour transposer des processus favorables à un développement durable : la nature tire son énergie du soleil ; les procédés biologiques de production de la matière s'effectuent à pression et à température naturelles et consomment peu d'énergie ; les déchets sont recyclés. Le biomimétisme offre une source infinie de solutions pour s'adapter au changement. Mais pour que la nature demeure un gisement d'innovation, nous devons la protéger. Tel est l'objectif de la loi de reconquête de la biodiversité et des paysages qui a été récemment adoptée, et qui porte des principes très forts, tel que celui de solidarité écologique, selon lequel les activités humaines ne pourront se maintenir que si nous préservons la biodiversité.

## LES CONFÉRENCES PLÉNIÈRES

# Quelle innovation DANS UN MONDE CONTRAINT EN RESSOURCES ?

Les ressources naturelles sont stockées en très grandes quantités sous terre. Mais elles sont aussi de moins en moins accessibles et demandent donc de plus en plus d'énergie pour les extraire. En parallèle, ce que nous produisons s'accumule et ne se recycle qu'en infime quantité. D'où la nécessité, dans un contexte de croissance verte, de s'interroger sur nos raisons et nos façons de produire.



Propos extraits de l'intervention de **Philippe BIHOUIX**, Ingénieur, spécialiste des ressources non renouvelables

Retrouvez l'intégralité sur [www.alterrebourgoigne.franchecomte.org](http://www.alterrebourgoigne.franchecomte.org)

## CHIFFRES CLES

**10 %**  
DE L'ÉNERGIE  
PRIMAIRE  
MONDIALE

EST CONSACRÉE À  
LA RÉCUPÉRATION  
DES MINÉRAIS ET À  
LEUR TRANSFORMATION  
EN MÉTAUX

MOINS  
DE **1 %**  
DES MÉTAUX  
DES NOUVELLES  
TECHNOLOGIES  
EST RECYCLÉ

### De moins en moins de ressources, de plus en plus d'énergie nécessaire

Les ressources ne posent pas de problème à la Nature, car celle-ci se sert essentiellement d'éléments présents en abondance dans la croûte terrestre : l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, le carbone, le calcium, le magnésium, le potassium et quelques oligo-éléments. Si la nature maîtrise la synthèse de l'azote à partir de l'air, et transforme cet élément en nitrate qui sert d'engrais aux plantes, nous avons besoin de mettre en place des procédés lourds (chauffage à plusieurs centaines de degrés, sous haute pression, catalyse au platine et au rhodium) pour parvenir au même résultat.

Notre civilisation industrielle, elle, utilise une soixantaine d'éléments métalliques puisant dans notre stock de ressources non renouvelables. Même si elles sont stockées sous terre en quantité incroyable, les ressources sont de moins en moins accessibles : pour y accéder, il faut creuser toujours plus profondément. Et pour extraire ces ressources enfouies profondément, nous devons aussi utiliser de plus en plus d'énergie. Dix pour cent de l'énergie primaire mondiale est consacrée à la récupération des minerais et à leur

transformation en métaux. Nous utilisons ainsi de plus en plus d'énergie et de métaux pour extraire une même quantité de gaz ou de pétrole. Quant à la production des énergies renouvelables, elle fait appel à des quantités de métaux plus importantes.

Nous devons donc traiter de front les deux problématiques, énergie et ressources, sachant qu'elles interagissent : nous disposons de moins en moins de ressources et avons besoin, par conséquent, de plus en plus d'énergie.

### Le recyclage des matières premières

Nous sommes face, par ailleurs, à une autre contrainte : les ressources extraites de la croûte terrestre ne disparaissent pas. Elles restent disponibles sous la forme d'un stock dans les objets qui nous entourent : 90 % de l'or extrait depuis le début de l'humanité est toujours disponible (dans les banques centrales, chez les particuliers...). Nous pourrions donc envisager d'instaurer une économie circulaire en s'inspirant de la nature, considérant la quantité de métaux déjà extraite comme un stock de base. Mais cette solution s'avère compliquée à mettre en œuvre, car la manière dont nous utilisons les ressources métalliques ne permet pas systématiquement le recyclage.

De plus, le recyclage que nous pratiquons entraîne des pertes fonctionnelles, car nous utilisons les métaux sous des formes mélangées (alliages). Une portière de voiture en acier contient une dizaine de métaux différents. Or le recyclage ne prévoit pas autant de filières qu'il existe d'alliages. Moins de 1 % des métaux des nouvelles technologies est recyclé, faute de conception et de technologie adéquates. Les matériaux composites et les nanomatériaux sont également très mal recyclés.

Ces difficultés sont aggravées par la croissance verte. Nous construisons, par exemple, des bâtiments à énergie positive ou neutre et dans ce but, nous les remplissons de matériel électronique. Et nous n'en sommes qu'au début, avec la multiplication des drones et des objets connectés qui forment des déchets essentiellement non recyclables et contribuent à ponctionner fortement des ressources rares. Si nous voulons nous réinscrire dans les limites de la planète avec des énergies renouvelables, des biomatériaux, nous devons diminuer considérablement notre niveau de consommation.

## La démarche low tech, vers la sobriété

Les *low tech* nous alertent sur les dangers liés à la *high tech* en termes de durabilité. Cette démarche consiste d'abord à nous questionner sur les raisons pour lesquelles nous produisons, et débouche sur la notion de sobriété.

« LA DÉMARCHE LOW TECH CONSISTE D'ABORD À NOUS QUESTIONNER SUR LES RAISONS POUR LESQUELLES NOUS PRODUISONS, ET DÉBOUCHE SUR LA NOTION DE SOBRIÉTÉ. »

La voiture, par exemple, consomme encore trop d'énergie et de matières. Nous ne pouvons plus utiliser un objet qui pèse une tonne pour déplacer un corps de 80 kg, même avec une énergie propre, renouvelable, disponible, car une voiture a besoin de pneus, de peintures, de plastiques... Nous devons changer nos modes de fonctionnement et construire des véhicules qui consomment moins d'énergie, étant bien moins lourds et roulant nettement moins vite, pour arriver à une voiture un peu plus durable, en attendant le vélo (à assistance électrique ou non).

Dans le domaine du bâtiment, nous construisons des surfaces trop grandes. Nous faisons, par exemple, un mauvais usage des écoles car leurs locaux sont très peu occupés. Nous pourrions imaginer qu'elles soient ouvertes le soir et le week-end pour accueillir des clubs de loisirs ou des associations.

Après avoir déterminé quels objets demeurent indispensables, selon cette logique de sobriété, la démarche *low tech* nous pousse à en revoir la conception. Il vaut mieux se servir d'un moulin à café, en acier, plutôt que d'une machine à expresso, composée de matières composites et d'électronique non recyclables. Mais l'écoconception reste d'une portée limitée pour des produits complexes, comme les smartphones, qui contiennent une foule d'équipements. Nous devons donc revoir nos usages et déterminer quelles fonctions et quels équipements nous sont réellement nécessaires.

Enfin, les *low tech* nous poussent à nous interroger sur la façon dont nous produisons. Grâce à un coût de l'énergie et des transports très bas, nous faisons faire l'aller-retour entre la France et la Chine à des coquilles Saint-Jacques pour les nettoyer. On joue sur les normes environnementales et le différentiel de coût de la main-d'œuvre.

À l'heure où l'on annonce une nouvelle vague de robotisation, nous devons réfléchir à la place de l'humain dans la production et à la manière dont nous arbitrons entre les enjeux d'énergie et de ressources d'une part, et le travail humain d'autre part. Il est courant, désormais, de remplacer un guichetier par une borne de libre-service : on remplace du travail par de la consommation d'énergie et de la perte de ressources non renouvelables (écran, électronique...).

## L'innovation au service du progrès

Nous utilisons beaucoup le terme « innovation » aujourd'hui. Francis Bacon, philosophe anglais du XVI<sup>e</sup> siècle, qui a théorisé le fait que la technique allait améliorer le sort du genre humain, aurait préféré celui de « progrès ». L'innovation peut s'appliquer à une organisation, à un système, à une société ou à une technologie. Pour qu'il y ait progrès, rien de ce qui a été acquis préalablement ne doit être perdu. Si nous appliquons cette définition à notre époque, considérant, par exemple, la perte de biodiversité que nous provoquons, nous sommes bien loin du progrès tel que Francis Bacon le concevait. Il est temps de revoir notre façon d'innover.



### L'âge des low tech

Vers une civilisation techniquement soutenable  
Philippe Bihouix. Seuil, 2014



# Le biomimétisme, POUR RÉCONCILIER ÉCONOMIE ET ÉCOLOGIE

**L'être humain ne vit pas à côté de la Nature, il en fait partie et est en interaction permanente avec elle. Plutôt que de vouloir la maîtriser, il doit s'adapter. Le véritable enjeu pour notre société et notre économie, aujourd'hui, consiste à créer de la richesse en valorisant ce qui est abondant, tout en préservant ce qui est devenu rare. Le vivant offre des solutions infinies pour y parvenir, sources d'inspiration pour l'innovation.**

## Vision systémique et holistique

Une société humaine a en commun avec les écosystèmes naturels de ne pas être que la somme des individus qui la composent. Les innombrables interactions qui s'y déroulent, entre les individus et avec l'environnement, doivent être prises en compte. Ce sont elles qui permettent l'évolution des systèmes complexes, sociétés humaines incluses. Le vivant étant le modèle même de la complexité créatrice, le biomimétisme trouve ici tout son sens.

Nous devons nous résoudre à accepter que nous ne sommes ni maîtres ni possesseurs de la nature. L'oublier, c'est créer de nouveaux problèmes à chaque fois que nous tentons d'en résoudre. Seule une vision systémique et holistique, c'est-à-dire l'inverse de la vision réductionniste à laquelle nous avons été formés, peut nous aider à comprendre le monde et à y agir.

---

« SEULE UNE VISION SYSTÉMIQUE ET HOLISTIQUE, C'EST-À-DIRE L'INVERSE DE LA VISION RÉDUCTIONNISTE À LAQUELLE NOUS AVONS ÉTÉ FORMÉS, PEUT NOUS AIDER À COMPRENDRE LE MONDE ET À Y AGIR. »

---

Cette situation nous invite donc à reconsidérer notre façon d'interagir avec le vivant, en renonçant à notre quête de maîtrise absolue. Il s'agit d'accepter le fait que nous évoluons dans un monde en mouvement que nous ne maîtrisons pas, un peu comme un surfeur, dont l'art consiste à s'insérer dans le mouvement de la vague et à s'y maintenir. Nous devons chercher à vivre en harmonie avec le vivant pour continuer à surfer sur la crête de l'évolution. Cette nouvelle approche, plus humble, mais aussi plus agile et dynamique, pourrait être la clé de la durabilité.

L'évolution est ponctuée de périodes de crise. Or, en économie aussi, des phases de relative croissance et des phases d'effondrement alternent et se succèdent. Selon la période, il vaut mieux être puissant, rapide et spécialisé, ou plutôt agile,



Propos extraits de l'intervention d'

**Emmanuel DELANNOY**  
Directeur  
de l'Institut Inspire



apte à coopérer, innovant, en un mot : être capable de sortir des sentiers battus. C'est précisément ce que nous avons à réaliser durant la période que nous traversons, que j'appellerai, plus qu'une crise, une transition de phase.

## Inversion des raretés

Nous sommes dans un contexte d'inversion des raretés. Ce qui était abondant et a fait le socle de notre richesse (les ressources fossiles, les métaux, les sols) est en voie de raréfaction du fait d'une surexploitation. À l'inverse, ce qui était rare au moment de la première révolution industrielle (la capacité de travail, les savoirs, la capacité à coopérer) est devenu abondant. Le véritable enjeu de l'économie, aujourd'hui, consiste à créer de la richesse en valorisant ce qui est abondant, tout en étant beaucoup plus frugal de ce qui est devenu rare. Les gains de productivité ne doivent donc plus porter sur le travail, mais sur l'énergie et les matières premières. De nouveaux modes de production et modèles économiques sont donc à inventer.

La réponse du vivant à l'inversion des raretés existe depuis longtemps, pour des raisons dues à la thermodynamique. La seule énergie mobilisable étant issue du soleil, et sa concentration ayant un « coût » métabolique élevé, le vivant mise sur l'information, véritable « matière noire » du vivant. L'information structure les dynamiques de coopération et les échanges au sein de la biosphère. Elle permet une utilisation frugale et efficiente des matériaux. Nous pouvons nous inspirer de ce modèle pour construire une véritable économie de la connaissance.

Il est également possible de s'inspirer des procédés ainsi que du fonctionnement même des écosystèmes - ce qui revient à imaginer des modèles de production industrielle ou agricole - ou encore des villes, dans lesquels les coopérations créeront plus de valeur.

La biosphère, ce système fermé, fonctionne depuis des milliards d'années avec une source d'énergie unique, la lumière du soleil. Nous pouvons concevoir une économie qui fonctionne dans ce système fermé qu'est la biosphère, en reposant sur des services et ressources renouvelables. Il s'agit de nous concentrer sur ce qui crée réellement de la valeur, et de lutter contre le gaspillage et les externalités. Cette démarche relève de l'innovation systémique et non plus de la seule innovation technologique.

## Innovation systémique

Notre défi consiste à innover en nous inspirant de la manière dont les organismes et les systèmes vivants innoveront. L'exaptation, par exemple, est un des processus par lequel les systèmes vivants s'adaptent, en réutilisant des structures existantes dans un contexte nouveau et de manière radicalement nouvelle. Par exemple, la vessie natatoire des poissons, un organe sensoriel permettant de détecter la pression de l'eau pour naviguer dans un milieu à trois dimensions, est un ancien poumon primitif. Cette même structure a radicalement changé de fonction avec



« IL S'AGIT D'ACCEPTER LE FAIT QUE NOUS ÉVOLUONS DANS UN MONDE EN MOUVEMENT QUE NOUS NE MAÎTRISONS PAS, UN PEU COMME UN SURFEUR, DONT L'ART CONSISTE À S'INSÉRER DANS LE MOUVEMENT DE LA VAGUE ET À S'Y MAINTENIR. »

l'évolution. Dans une phase de transition écologique rapide, nous devons rechercher les gisements d'exaptation, ces éléments qui peuvent être réutilisés dans les savoir-faire, les compétences, les infrastructures, les modes de production. Nous n'avons pas forcément besoin de réinventer l'objet, mais de repenser l'usage de l'objet.

Nous devons passer à l'action et concrétiser la transposition dans notre monde des principes de durabilité que le vivant peut nous inspirer. Durant quarante ans, nous avons cru que nous pourrions continuer en apportant seulement quelques ajustements marginaux à l'existant, en faisant confiance à l'innovation technologique pour le reste. En réalité, nous devons reconfigurer globalement notre système. L'économiste français René Passet nous a invité à observer comment nos trois systèmes écologiques (biosphère, humanité et industrie) s'emboîtent et interagissent. Il est essentiel de comprendre ces interactions, car ce sont sur elles que nous pouvons agir aujourd'hui.

À travers le concept de permaéconomie, nous proposons d'agir sur ces interactions : de même que la permaculture entretient la diversité biologique et la richesse fonctionnelle des sols, la permaéconomie réinvestit dans ses facteurs de production que sont les humains, la société et la nature. Cette économie doit pouvoir maintenir les équilibres en réinvestissant dans le capital social, le capital naturel et le capital humain, c'est-à-dire en restaurant la confiance, la cohésion sociale, mais aussi la fonctionnalité et la capacité d'évolution des écosystèmes.

L'économie de l'avenir devra miser sur la diversité (humaine et biologique). La perte d'une espèce aujourd'hui équivaut à la perte d'une source d'inspiration pour demain. Chaque espèce que nous perdons aujourd'hui est peut-être la clé de notre capacité d'adaptation aux changements de demain.

 **Permaéconomie**  
Emmanuel Delannoy  
Éditions Wildproject, 2016

# ZOOM

## L'APPROCHE BIOMIMÉTIQUE DISTINGUE TROIS NIVEAUX DE COMPLEXITÉ ET DE DURABILITÉ CROISSANTE :

### Copier les formes et structures

Concevoir des produits alliant esthétisme, élégance, efficacité, fonctionnalité, dématérialisation.

### Comprendre et imiter les procédés naturels

Faire les choses comme le ferait la nature : production douce, zéro déchet, chimie verte.

### S'inspirer du fonctionnement des écosystèmes

Créer des systèmes en équilibre dynamique.

*D'après Janine Benyus, Biomimicry (1997)*

## LA RÉPONSE DU VIVANT

La seule énergie mobilisable étant issue du soleil, et sa concentration ayant un « coût » métabolique élevé, le vivant mise sur l'information, véritable « matière noire » du vivant.

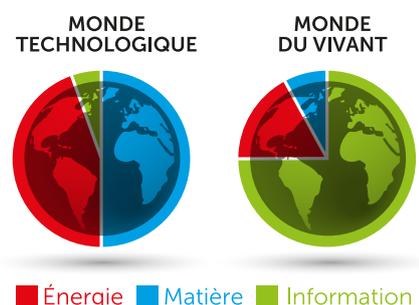


TABLE RONDE

# Pourquoi et comment FAVORISER L'APPROCHE BIOMIMÉTIQUE ?



Propos extraits de l'intervention de **Thibault PRÉVOST** Chargé de mission scientifique, Direction de la recherche et de l'innovation du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer

Replacer le monde naturel au cœur du processus créatif humain

La Direction de la recherche et de l'innovation du ministère en charge de l'Environnement s'intéresse au biomimétisme depuis les années 2010-2011. Elle voit dans la démarche une occasion tangible et privilégiée pour les acteurs économiques de se réappropriier le vivant dans une perspective de soutenabilité. Elle estime en particulier que l'approche replace le monde naturel au cœur du processus créatif humain en faisant du vivant une source de richesses à préserver et une bibliothèque de solutions durables aux problèmes posés par le développement de nos sociétés.



**VOTRE DÉFINITION DU BIOMIMÉTISME :**

« L'approche biomimétique consiste à s'inspirer du vivant pour améliorer le sort de l'homme en tenant compte des limites physiques de la planète. Elle implique de repenser le rapport de l'homme à la nature pour imaginer un progrès soutenable. »

Que la démarche soit pratiquée ponctuellement depuis que l'*Homo sapiens* existe est avéré ; qu'elle soit

désormais prise en compte plus systématiquement comme outil de résolution de problèmes pratiques (techniques ou organisationnels) est assez nouveau.

C'est par ailleurs une démarche qui, dans sa mise en œuvre, est exigeante, notamment parce qu'elle demande des efforts de long terme dans la compréhension des mécanismes naturels. Ces efforts sont nécessaires à la prise de recul qui permettra de s'approcher d'un développement humain durable. Il ne s'agit pas d'une nouvelle science, mais bien d'une démarche pluridisciplinaire et trans-sectorielle.

La Direction de la recherche et de l'innovation du ministère de l'Environnement soutient le montage de partenariats entre entrepreneurs et chercheurs, assure la tutelle de certains organismes publics, contribue à la définition stratégique, au pilotage ou au suivi de programmes publics de recherche, notamment ceux mis en œuvre par l'Agence nationale de la recherche, ou l'ADEME, ainsi que ceux du programme-cadre européen Horizon 2020.

Nous devons trouver les moyens de répondre à deux enjeux majeurs que constituent, de mon point de vue, l'effondrement et la mutation. À l'effondrement de la biodiversité, nous pouvons ajouter l'effondrement culturel ou encore l'effondrement des identités, au niveau des territoires comme des personnes. Le second enjeu est la mutation. La robotisation croissante de notre société et l'arrivée prévue d'une nouvelle vague de robots entraînera probablement la destruction de nombreux emplois et nous amènera à repenser l'organisation de nos entreprises, sur le plan logistique, du transport ou de la mobilité. L'approche biomimétique doit être favorisée afin de répondre à ces deux questions. Pour ce faire, nous devons revenir aux besoins essentiels de chacun, à savoir bien se

nourrir et être en bonne santé ainsi que s'éduquer. L'éducation constitue, selon moi, le volet le plus important. L'extraordinaire mutation que nous vivons représente l'occasion d'intégrer cette nouvelle révolution technologique dans les métiers les plus simples, y compris ceux de la micro-agriculture dont les composantes économiques, écologiques et sociales s'avèrent fondamentales pour les territoires.



**VOTRE DÉFINITION DU BIOMIMÉTISME :**

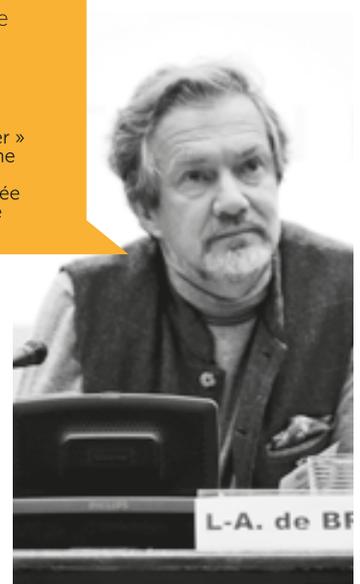
« Le biomimétisme doit partager cette extraordinaire idée que la coopération représente probablement le mode d'expression esthétique et artistique, mais également scientifique, que nous devons adopter en tant que modèle de pensée. »

Propos extraits de l'intervention de

**Louis Albert DE BROGLIE**

connu sous le nom de « Prince Jardinier » et cofondateur d'une microferme en agroécologie inspirée par la permaculture

Revenir aux besoins essentiels de chacun



## Assumer des choix politiques et budgétaires

Propos extraits de l'intervention de

**Stéphane WOYNAROSKI**

Conseiller régional de Bourgogne-Franche-Comté, délégué à la Biodiversité



L'approche biomimétique doit être favorisée car l'espèce humaine se doit de trouver un mode de fonctionnement qui ne détruit pas la biosphère. C'est grâce à la biodiversité que nous mangeons, buvons, respirons, mais aussi que nous pouvons nous évader, rêver et créer. La biodiversité est donc non seulement une source de richesse, mais également d'inspiration.

En tant qu'élus de région, nous devons afficher la volonté de préserver et de valoriser les espaces naturels et la biodiversité présente sur le territoire, en assumant des choix politiques et budgétaires, en faveur des acteurs du territoire qui travaillent en ce sens. Nous devons aussi mener des politiques favorisant l'amélioration et la diffusion de la connaissance.

### VOTRE DÉFINITION DU BIOMIMÉTISME :

« La citation de Louis Aragon définit bien, selon moi, le biomimétisme : " Rien, moins que rien, pourtant la vie ". Nous pourrions également définir le biomimétisme de la manière suivante : S'inspirer de la vie pour faire durer la vie. »

Favoriser l'approche biomimétique se traduit également par faire des choix encourageant des politiques plus globales et transversales, qui font en sorte que la biodiversité ne demeure pas une simple composante de la transition écologique, mais bien un tout. Nous appuyons donc la mise en place de structures et de stratégies qui, à l'échelon régional, sont importantes, comme l'Agence française pour la biodiversité et ses déclinaisons locales, les agences régionales de la biodiversité. Nous pouvons aussi citer les stratégies régionales de la biodiversité ou encore les observatoires régionaux de la biodiversité. Ces trois actions fonctionnent en lien étroit avec les collectivités, l'État et les citoyens, dans une approche de co-construction que j'estime primordiale.

Propos extraits de l'intervention de

**Kalina RASKIN**  
Directrice générale, Ceebios



## Mettre les différents acteurs en mouvement de manière éclairée

Face aux enjeux sociétaux, si nous prenons conscience de notre condition animale, s'inspirer du vivant pour repenser la société d'*Homo sapiens* fait figure de bon sens.

Lorsque nous analysons les stratégies élaborées actuellement en faveur de l'énergie (développement des énergies renouvelables, décentralisation des énergies, mise en œuvre des procédés sobres et agiles en fonction des ressources disponibles), nous constatons que tout système vivant sur Terre a déjà développé ce type de stratégies. Par ailleurs, notre société évolue vers une société de l'information. Or le vivant mise justement sur l'information pour optimiser ses ressources.

en mouvement de manière éclairée. Il nous faut donc expliquer en quoi consiste le biomimétisme et faire progresser le sujet dans la société en démultipliant la communauté d'ambassadeurs portant le sujet. Nous devons non seulement sensibiliser les personnes, mais également les former. La mise en mouvement de ces actions doit également être coordonnée afin de tirer profit des complémentarités entre les acteurs issus de différents secteurs.

### EN SAVOIR PLUS : [www.ceebios.com](http://www.ceebios.com)

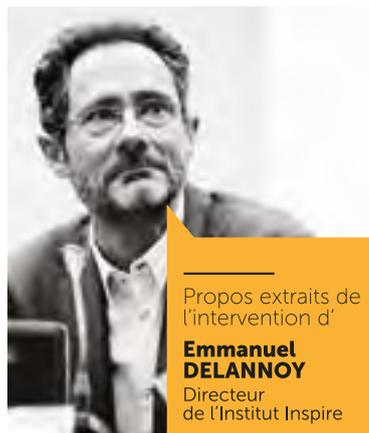
Le Ceebios, Centre européen d'excellence en biomimétisme, fonctionne comme un pôle de coopération. Il participe à la réalisation de la cartographie des acteurs du territoire sur la thématique du biomimétisme : environ 150 laboratoires et une centaine d'entreprises. Il réfléchit à la manière de faire travailler ensemble ces différents acteurs et d'accélérer le processus d'appropriation. Des groupes de travail ont été initiés sur l'habitat ou les matériaux, et prochainement sur l'agriculture et la formation. Le Ceebios accompagne aussi des projets d'entreprises ou de territoires.

### VOTRE DÉFINITION DU BIOMIMÉTISME :

« Le vivant comme modèle pour des futurs souhaitables. »

Nous convergeons, sans nous en rendre compte, vers ce que le reste du monde vivant a déjà réalisé. Comme le temps presse, nous devons prendre conscience du potentiel de cette bio inspiration. Pour mettre en œuvre le biomimétisme, nous devons mettre les différents acteurs

## Une source d'inspiration créatrice de richesse



Propos extraits de l'intervention de

**Emmanuel DELANNOY**

Directeur de l'Institut Inspire

### VOTRE DÉFINITION DU BIOMIMÉTISME :

« Le vivant est une chance à saisir, à nous de savoir saisir cette chance. »

La prise en compte de la biodiversité, comme du biomimétisme, représente une opportunité formidable d'entraîner de manière positive l'ensemble des acteurs à réfléchir à notre avenir, à la manière dont nous allons interagir avec les écosystèmes et dont nous devons gérer nos territoires et l'ensemble des filières.

Il faut avoir en tête qu'en 3,8 milliards d'années, la nature a eu l'occasion de s'adapter à de nombreuses situations extrêmement diverses et de résoudre d'innombrables problèmes. Elle constitue donc une source d'inspiration pour tout entrepreneur qui souhaite se lancer dans un projet et créer de la richesse.



## TÉMOIGNAGES

# Les écosystèmes, SOURCE D'INSPIRATION ET DE SOLUTIONS

## Les nouvelles zones de rejet végétalisées



Propos extraits de l'intervention de  
**Ludovic PERRIDY**  
Expert zones humides,  
Suez Eau France

Les nouvelles zones de rejet végétalisées (ZRV) désignent des espaces tampons situés entre les stations d'épuration et le milieu récepteur. Le concept s'appuie sur les mécanismes existants en milieu naturel (zones humides) permettant l'épuration de l'eau : filtration, décantation, biodégradation, photolyse... En 2009, SUEZ a lancé le projet pilote de la Zone libellule® de Saint-Just, dans l'Hérault, regroupant ces mécanismes sur une surface restreinte. Pendant près de trois ans, un suivi de cette zone a été réalisé et les résultats obtenus ont été prometteurs en termes d'élimination des polluants.

Pour mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre dans la première Zone libellule, le projet de recherche ZHART (Zone Humide ARTificielle) a été lancé en 2012. Un audit de cinq ZRV, présentant différents design (surfaces d'une centaine de mètres carrés à plusieurs hectares), a été mis en place jusqu'en 2016. En parallèle de ce suivi, des microcosmes ont été réalisés puis alimentés avec de l'eau concentrée en polluants afin d'observer l'effet du sol et des plantes sur l'épuration des eaux. L'observation des microcosmes a permis de compléter l'analyse des différents mécanismes existants et identifiés au sein des ZRV auditées. Le suivi

in-situ a porté sur 33 micropolluants pour déterminer une garantie d'élimination des molécules en provenance des stations d'épuration (STEU). Les macro-polluants traités par les stations de traitement des eaux usées (matières en suspension, demande chimique en oxygène...) ont également fait l'objet d'un suivi.

Selon les micropolluants et les sites, différents mécanismes d'élimination ont été observés. Pour certains métaux, l'adsorption par les particules fines présentes dans la phase eau ou l'absorption par les végétaux ont pu être identifiés. Quant aux phénols et aux pesticides, il a été constaté que les ZRV étaient peu efficaces. L'élimination de la phase eau de certains polluants nécessite du temps alors que les temps de séjour de l'eau dans les ZRV suivies s'établissaient en moyenne entre quelques jours à une dizaine de jours. L'efficacité épuratoire des nouvelles ZRV dépendra donc d'une conception et d'un dimensionnement adaptés à l'effluent de la station d'épuration. Au sein des nouvelles ZRV, les mécanismes clés seront ceux liés à l'hydraulique en favorisant notamment la décantation par l'allongement du cheminement hydraulique.

Enfin, le projet ZHART a permis d'observer l'influence de la gestion de ces espaces sur leur efficacité épuratoire. Sur les cinq sites audités, certains disposaient d'un plan de gestion particulier quand d'autres étaient en gestion « autonome ». Il a été fait le constat qu'une gestion adaptée permettra de garantir un abattement plus efficace et durable des micropolluants.



### EN SAVOIR PLUS :

Les enseignements du projet ZHART  
[www.poledream.org](http://www.poledream.org)

Voyage au cœur de la Zone libellule®  
[www.emag.suez-environnement.com](http://www.emag.suez-environnement.com)

Propos extraits de l'intervention de

**Jean-Michel SCHEUREN**  
Cofondateur  
de Novobiom



## Dépollution des sols avec des champignons

La pollution des sols est un enjeu économique et écologique important pour la France, tout comme pour les autres pays européens. Le nombre de sites potentiellement contaminés par la pollution des sols est estimé par l'Agence européenne de l'environnement à 3,5 millions en Europe dont 257 000 en France. À l'échelle européenne, environ 500 000 sites ont été traités. Le traitement de ces sites représente un coût annuel estimé à plus de 6 milliards d'euros.

L'objectif de Novobiom consiste à développer des technologies bio-inspirées à finalité environnementale. Pour ce faire, Novobiom s'inspire de la dynamique des écosystèmes et notamment du rôle des champignons pour concevoir des solutions innovantes de traitement des polluants.

# POUR L'INDUSTRIE

Les champignons sont particulièrement adaptés à ce « travail », car ils sont les organismes clés du cycle de la matière organique sur terre. Ils disposent des outils les plus adaptés à la dégradation des molécules complexes et récalcitrantes telles que la plupart des polluants auxquels nous sommes confrontés.

Parmi les techniques utilisées pour la dépollution des sols, la solution biologique permet de traiter les polluants organiques en travaillant avec le vivant. Le traitement biologique classique est efficace pour éliminer les pollutions dites « simples » comme les hydrocarbures légers. En revanche, il n'est généralement pas adapté pour les pollutions complexes. Novobiom propose d'appliquer des solutions issues du vivant afin de réhabiliter les sites dégradés de manière plus douce et dans le respect de l'environnement. Les champignons, en permettant la dégradation des pollutions complexes sur site, et en évitant le transport des terres, offrent une solution économiquement plus attractive. Ils réduisent fortement l'impact environnemental du traitement. Cette approche biologique permet tout à la fois une élimination effective de la pollution et la régénération d'un sol vivant.

Nous travaillons depuis trois ans sur un projet avec un industriel qui doit gérer un site lourdement contaminé. Une première phase de recherche a permis d'identifier les souches fongiques les plus appropriées. Nous avons réalisé des pilotes à petite échelle sur plusieurs dizaines de kg de sol. Après 53 jours de traitement, des taux de dégradation des différentes contaminations de 70 et 90 % ont été obtenus.

Comme souvent dans les problématiques liées au biomimétisme, nous nous inscrivons dans une approche innovante, de rupture. Les temps de développement sont donc relativement longs.

Aussi, l'enjeu pour l'année à venir consistera à étendre nos relations avec d'autres industriels et à valider l'application de traitement à des échelles de taille industrielle, sachant que la taille commerciale d'implémentation de notre approche devra atteindre plusieurs centaines de tonnes.

Propos extraits de l'intervention d'

**Emmanuel DELANNOY**

Directeur de l'Institut Inspire

## La Ferme urbaine La Marcotte



L'Institut Inspire avait le souhait d'évoluer progressivement du concept vers des réalisations concrètes et des démonstrateurs. Pour cela, nous avons choisi le thème de l'agriculture urbaine afin de mettre en pratique nos travaux sur l'aquaponie ainsi que nos idées émises au regard de la permaculture.

Nous souhaitons favoriser une approche systémique. Nous avons donc décidé de travailler sur une ferme urbaine. Afin de favoriser la production de connaissances et de lien social ainsi que l'appropriation des enjeux écologiques, le lieu a été conçu, fabriqué et animé avec les riverains. Nous avons le souhait de donner une nouvelle place au vivant en ville dans un espace que les scolaires pourraient s'approprier, en le visitant et en découvrant comment fonctionne un écosystème, avec l'aide d'un animateur. Nous utilisons la matière à notre disposition. Nous récupérerons les déchets d'élagage et les résidus alimentaires que nous compostons afin de fabriquer notre propre matière organique.

« La Marcotte », une collaboration entre l'Institut Inspire et le pôle Eco Design, s'intègre dans une démarche d'économie circulaire. Elle est fabriquée avec des matériaux, pour l'essentiel recyclés, et approvisionnés de manière locale, dans une approche intégralement réversible. La simplicité du montage de la structure permet de recourir à un chantier participatif. Du bois local a été utilisé. Et les conteneurs dans lesquels sont placés les modules aquaponiques ont été fournis par un industriel situé à proximité du site.

La Marcotte a été conçue selon une approche modulaire. Elle dispose d'un bâtiment principal, dont 50 % de l'espace est dédié au compost et à la serre à semis, et d'un espace tertiaire accueillant des activités sociales et associatives en milieu urbain. À l'extérieur, les bacs de culture ont été aménagés et conçus pour être utilisables par des enfants, des seniors et des personnes à mobilité réduite. Nous pouvons imaginer des déclinaisons à d'autres échelles dans lesquelles les espaces tertiaires sont plus importants. La Marcotte est organique et peut grandir avec les usages.

Notre ambition vise à disposer d'un réseau de marcottes et de marcoteurs en France qui serait animé par le partage de retours d'expériences.



### EN SAVOIR PLUS :

[www.lamarcotte.com](http://www.lamarcotte.com)

## LEXIQUE

### Aquaponie :

Forme d'aquaculture intégrée qui associe une culture de végétaux en « symbiose » avec l'élevage de poissons. Ce sont les déjections des poissons qui servent d'engrais pour le végétal cultivé.

### Permaculture :

Méthode systémique et globale qui vise à concevoir des systèmes (habitats humains, systèmes agricoles...) en s'inspirant de l'écologie naturelle et de la tradition.



## TÉMOIGNAGES

# L'architecture BIO-INSPIRÉE

## CARNET DE VOYAGE d'un tour du monde

Les réalisations inspirées du biomimétisme sont tellement fascinantes que j'ai décidé d'investiguer ce champ en architecture via un tour du monde d'une année. L'objectif était de partir pendant un an à la rencontre de différents acteurs pour me permettre d'apprendre par la pratique et ainsi contribuer à l'essor du biomimétisme.

Propos extraits de  
l'intervention d'

### Estelle CRUZ

Chargée de mission au  
Ceebios - pôle architecture.  
Architecte diplômée d'État

La première étape m'a conduite au Zimbabwe, auprès de Mick Pearce, un architecte qui s'intéresse plus particulièrement aux termitières. Pour se nourrir, les termites cultivent un champignon nécessitant des conditions d'humidité très particulières qui doivent notamment être constantes toute l'année, quelles que soient les variations climatiques. Pour cela, elles développent dans leur habitat différentes stratégies, l'une d'elles consistant à construire des cheminées qui vont permettre d'accroître le tirage thermique et donc ventiler naturellement la termitière. Comme dans le vivant tout est multifonctionnel, ces cheminées permettent également d'évacuer l'humidité et de jouer avec l'inertie thermique du matériau. Mick Pearce a extrait les processus de ventilation et de thermorégulation de la termitière pour les appliquer à la conception de l'Eastgate Building, un bâtiment de bureaux de 55 000 m<sup>2</sup> achevé en 1996, au Zimbabwe. Ce pays se caractérise par un climat tropical avec des températures très chaudes pendant la saison des pluies et plus fraîches le reste de l'année. L'Eastgate Building reprend le principe du système de ventilation où l'air est pris en partie basse du bâtiment avant d'être acheminé dans les espaces collectifs puis évacué par des cheminées situées sur le toit.

La seconde étape m'a menée à l'Université de Kyoto, où une équipe travaille sur les fractales, c'est-à-dire la répétition d'un même motif à différentes échelles. L'arbre présente une géométrie fractale, qui lui confère certaines propriétés. En particulier, elle permet une ventilation transversale en générant des microturbulences en périphérie. Ces processus géométriques ont trouvé une application dans les bâtiments pour concevoir des façades et des toitures adaptées à la position du soleil aux heures les plus chaudes en été afin d'ombrer certains espaces urbains.

Le secteur de la construction nous oblige à composer avec des challenges bien déterminés tels que la régulation de l'humidité, la lumière, le renouvellement d'air. Il s'agit donc, pour y faire face, de sélectionner le ou les systèmes vivants correspondant à la problématique donnée. Des travaux de recherche ont été menés autour des méthodologies du biomimétisme appliquées à l'architecture au Massachusetts Institute of Technology, aux États-Unis, et à l'Université de Victoria, en Nouvelle-Zélande.

La première méthode nommée BioGen s'intéresse à la peau du bâtiment en tant qu'organe régulateur de la lumière, de l'eau, de l'air et de la chaleur. Elle consiste à



Crédit photo : David Brazier

identifier les stratégies d'adaptation du vivant pour une fonction donnée. Par exemple, les travaux autour de la thématique chaleur répertorient les stratégies du vivant les plus performantes en termes de conservation, évacuation, récupération de chaleur. La collecte de stratégies alimente une base de données support de design pour développer des enveloppes bio-inspirées.

Pour la seconde méthode nommée ESA (Ecosystem Services Analysis), il s'agit de concevoir des bâtiments qui imitent le fonctionnement des écosystèmes et les régénèrent via l'environnement bâti. Par exemple, ceux-ci peuvent être conçus de telle manière qu'ils permettent de recycler aussi bien l'eau que l'air, tout en stockant le carbone.

Ce tour du monde du biomimétisme en architecture m'a permis de contribuer à l'état de l'art dans ce domaine, travail déjà amorcé par le Ceebios en 2015.



### EN SAVOIR PLUS :

[www.biomimicry-worldtour.com](http://www.biomimicry-worldtour.com)

## LA CAVE DE L'ŒUF à Puligny-Montrachet



Propos extraits de  
l'intervention de

**Marine  
JACQUES-LEFLAIVE**  
Architecte DESA, gérante  
associée de l'Atelier Zéro  
Carbone Architectes

Notre cabinet d'architectes a été sollicité par un viticulteur pour construire une cave à proximité de Beaune, en Bourgogne, dans un secteur où la nappe phréatique était trop proche de la surface du terrain pour prévoir des caves enterrées.

Nous avons donc conçu une cave hors-sol, passive et sans climatisation, avec des matériaux naturels locaux, en essayant de les assembler de la manière la plus intelligente qui soit. Le principe était de se rapprocher autant que possible des caractéristiques d'une cave enterrée, avec 90 % d'humidité et une température proche de 13 °C toute l'année, conditions idéales pour la conservation et l'épanouissement du vin.

Nous avons créé une voûte inspirée des voûtes nubiennes. Nous souhaitons parvenir à une solution esthétique, tout en étant structurellement intéressante. La voûte reprend le tracé de Ptolémée et les proportions du nombre d'or. Cette forme en œuf permet, en termes énergétiques, d'élever les vins dans les meilleures conditions cosmotelluriques, c'est-à-dire de donner au vin la capacité de mieux entrer en relation avec le ciel et la terre.



Crédit photo : Christophe Goussard

L'une des difficultés du projet venait du caractère instable de la matière vivante. Le vin est si sensible que la moindre déviation organoleptique peut le perturber et lui conférer le « goût de bouchon ». Les trichloroanisoles (TCA), par exemple, composés chimiques polluants que l'on trouve parfois dans les matériaux naturels (en tant que matière vivante, ils ont tendance à absorber les pollutions extérieures et à les restituer dans les bâtiments), peuvent perturber le vin quand ils sont présents dans l'atmosphère. C'est pourquoi chacun des matériaux utilisés a été analysé en teneur de TCA afin de les valider avant leur installation.

Les principaux matériaux qui ont été utilisés sont la paille pour l'isolation, la terre pour la finition intérieure et l'inertie thermique, et le bois s'agissant de la structure. Nous avons opté pour une structure qui n'utilisait pas de colle, selon une méthode dite du « bois massif reconstitué par clouage » : les planches sont clouées tous les 50 millimètres pour obtenir de grandes arches qui vont former la structure de la cave.

Il nous a fallu quatre mois pour trouver un artisan sachant concevoir des fondations à l'ancienne en pierre. Mais les normes ont fini par nous décourager. Et nous avons dû nous résoudre à couler des longrines en béton.

La brique de terre crue en pied de murs joue un rôle de « déphasage thermique » en ce sens qu'elle permet à la fraîcheur issue de la nappe phréatique de s'accumuler et d'être restituée lorsqu'il fait un peu plus chaud ou un peu plus frais. Des panneaux de roseau ont été placés au-dessus de la voûte. Ils servent de support à l'enduit de terre prévu pour la finition qui permet de jouer le même rôle que les briques pour le déphasage. Le bardage extérieur est peint avec une peinture composée d'huile de lin, de farine, de savon de Marseille, d'eau et d'ocre rouge. Les allées de travail sont en pierre de Bourgogne.

La voûte constituée de seize couches de matériaux permet d'obtenir un bâtiment passif, simple et uniquement construit en matériaux naturels. Nous avons également ajouté des rupteurs de champs électromagnétiques qui permettent à la cave de ne pas subir de rayonnements lorsque la lumière est éteinte.

La cave a été livrée en septembre 2013 et a aussitôt pu accueillir ses premières vendanges.



### EN SAVOIR PLUS :

Atelier Zéro Carbone Architectes (AZCA)  
<http://atelierzerocarbone.com>

La cave de l'œuf

Le OFF du développement durable. 2013  
[www.youtube.com](http://www.youtube.com)

Propos extraits de  
l'intervention d'

**Iswann ALI BENALI**

Direction du  
développement durable  
pôle Construction  
et Énergie du  
Groupe Eiffage



## LE BIOMIMÉTISME chez Eiffage

**S**i le groupe Eiffage s'intéresse de près à l'approche biomimétique, c'est parce qu'il est engagé depuis 2007 dans une réflexion profonde sur l'aménagement et la construction des villes de demain à travers son laboratoire de prospective sur la ville durable Phosphore.

Dans cette perspective, le biomimétisme constitue pour nous un accélérateur de l'innovation, appelant à repenser nos modes de construire et d'aménager l'espace urbain en commençant par réinterroger les liens entre nature et culture, génie du vivant et génie urbain, biosphère et technosphère. Initié par la Direction Développement durable, le laboratoire Phosphore constitue une « parenthèse managériale » au sein du Groupe dont le but assumé est d'anticiper l'évolution de la pratique des métiers du BTP face aux conséquences sociales et environnementales du changement climatique. Sans inclure dans sa réflexion le biomimétisme en tant que tel, Phosphore a adopté une démarche utilisant des leviers d'innovation très proches de ceux employés par la démarche biomimétique, qu'il est intéressant de souligner ici. L'ambition était d'initier une innovation en rupture conceptuelle et technique en se projetant à horizon 2030-2050 dans un contexte totalement prospectif et libéré de tout carcan juridique, économique ou technique pour laisser place à la créativité. C'est cette ambition de changement de cadre de référence que porte l'approche biomimétique, à travers :

- La pluridisciplinarité ou encore la fertilisation croisée des compétences qui constitue un autre point commun avec l'approche biomimétique ; Une volonté délibérée d'ouvrir la culture ingénierie du Groupe à d'autres domaines notamment issus des sciences

humaines ; Réconcilier des disciplines qui ne se parlent pas, casser la culture des silos : un autre grand défi du biomimétisme.

- L'analyse systémique, l'ADN de notre laboratoire : une vision à 360 degrés des enjeux de développement urbain durable pour prendre en compte toutes les composantes de l'écosystème urbain et des interactions entre nature, énergie, habitat, services, usages, mobilités. C'est ici la notion de fonctionnement écosystémique que l'on retrouve dans le biomimétisme, pas seulement limité à la copie de la forme, mais aussi des fonctions et processus du vivant.

### Un changement de regard annonciateur

Les réflexions du laboratoire Phosphore ont également amené un changement de vision bien souvent anthropocentrée des liens entre nature et ville. Elles ont très vite mis en évidence les limites d'une approche ornementale de la nature et nous ont orientées vers la conception d'une nature « utile » susceptible d'apporter des services écosystémiques aux citoyens.

Une réflexion approfondie a été menée en ce sens avec des écologues et des bureaux d'études spécialisés en biodiversité pour imaginer comment l'aménagement urbain de demain pourrait intégrer des espaces dédiés à la préservation de la biodiversité, connectés aux trames vertes et bleues du territoire, tissant des liens entre villes et campagnes, et apportant de nouveaux services aux citoyens : épuration de l'air, réduction de l'îlot de chaleur urbain, dépollution des sols, circuits courts d'approvisionnement en ville, etc. Cette conception écosystémique de la nature constitue un premier pas vers l'approche biomimétique de la ville à proprement parler.

Ce changement total d'approche engagé par le laboratoire Phosphore s'est matérialisé en 2012, à travers l'engagement du Groupe dans la « Stratégie nationale pour la Biodiversité ». Cette démarche invite tous les acteurs économiques à anticiper la transition écologique dans la pratique de leurs métiers et activités. Elle s'est traduite chez Eiffage par un programme de 23 actions volontaires qui visent toutes à maîtriser l'empreinte environnementale des activités du Groupe. L'approche biomimétique fait partie de ce programme et constitue un axe d'orientation de la stratégie de Recherche et Développement du Groupe.

Dans cette perspective, la Direction du Développement durable d'Eiffage a fait le choix de concrétiser cet engagement par un partenariat avec le Ceebios dès 2013. L'objectif de cette collaboration vise à aider le Groupe à s'inspirer des formes et fonctionnalités de la nature pour améliorer ses procédés constructifs, matériaux et projets d'aménagement, en augmentant leur performance environnementale. Cela s'est traduit par trois grands axes de développement :

1. Intégrer des porteurs de solutions biomimétiques dans nos projets de construction
2. Développer des formes d'habitat bio-inspiré
3. Concevoir un éco-quartier selon les principes du biomimétisme systémique ou « écomimétisme ».



#### EN SAVOIR PLUS :

Laboratoire Phosphore  
[www.eiffage-phosphore.com](http://www.eiffage-phosphore.com)



Retrouvez l'intégralité sur [www.alterrebourgognefranchecomte.org](http://www.alterrebourgognefranchecomte.org)



# TÉMOIGNAGE DE clôture

par **Louis Albert DE BROGLIE**,  
cofondateur de Fermes d'avenir

Avec l'association Fermes d'avenir, que j'ai cofondée avec Maxime de Rostolan à la Bourdaisière, nous avons créé une microferme en agrologie, inspirée par la permaculture. Nous nous sommes inspirés de plusieurs fermes dans le monde, en particulier de la ferme du Bec-Hellouin qui a montré que des personnes qui n'étaient pas « héritières » de l'agriculture pouvaient lui permettre d'emprunter une autre voie.

Indépendamment de la démonstration agromique, l'expérimentation de la ferme de La Bourdaisière avait notamment pour objectif de parvenir à un équilibre économique tout en essayant d'établir les conditions d'essaimage et faire en sorte de trouver des porteurs de projets - les particuliers, les entreprises et les collectivités.

Une autre fonction de cette ferme était de mieux comprendre les externalités positives liées à un tel projet, sachant qu'il s'agit du mot-clé pour comprendre la démarche. Six critères d'externalité positive ont ainsi été définis.

## L'impact agronomique

Les expériences comme celle du Bec-Hellouin ont permis de constater que l'on était passé en cinq ans d'un équivalent d'abondance de 35 000 à 57 000 euros par 1 000 mètres carrés cultivés. La règle fréquemment retenue dans le maraichage est de 10 000 à 15 000 euros par hectare.

## L'impact sur la santé et l'écologie des sols

Il s'agit de mesurer comment ces démarches vont permettre de dépolluer les sols et les nappes phréatiques tout en contribuant au retour du vivant.

## La santé des hommes

Les perturbateurs endocriniens en Europe représentent un coût annuel qui se situe entre 170 et 250 milliards d'euros dont 70 à 80 milliards d'euros pour la France. Tout cela recouvre notamment le coût des maladies de Parkinson, des cancers, des diabètes mais aussi le coût des intrants. Non seulement ces intrants coûtent une fortune, mais ils obligent à dépenser des sommes folles pour soigner les personnes quand il faudrait davantage raisonner en termes de prévention.

## L'éducation

Il est fondamental de comprendre comment fonctionnent les sciences naturelles, pourquoi chacun peut se nourrir mieux... La notion d'éducation nous conduit ensuite à nous interroger sur ce que doit être le modèle à suivre.

## L'emploi

Les nouvelles fermes seraient créées par des personnes non issues du monde agricole, c'est-à-dire nous tous. L'achat d'un hectare de terre ne représente pas une somme considérable. La formation est complexe mais pas insurmontable. Ces terrains et ces nouvelles ressources humaines pourraient conduire à la création de 50 000 à 100 000 fermes en France et de 200 à 300 000 emplois.

“

**Cette journée a permis de mettre en exergue le biomimétisme qui n'est autre que la capacité d'innovation de la nature.**

**Ce phénomène nous montre que l'innovation est à la portée non seulement de beaucoup des acteurs publics ou privés mais aussi de ceux qui sont dans leur jardin et qui ont simplement envie de s'en inspirer pour se nourrir.**

## L'économie,

partant du principe que ces fermes contribueraient à recréer de l'économie locale, que ce soit en termes de production ou de transformation.

Dès lors, qui est prêt à se lancer dans une telle aventure ? La réponse tient probablement dans les modalités d'aide qui pourraient être associées à une telle démarche. Nous savons qu'il faut de l'ordre de quatre à cinq ans avant qu'un fermier

qui se lance dans ce type de projet puisse commencer à en vivre. Or pendant ce temps, le fermier a déjà commencé à agrader l'environnement et l'écosystème humain, social et environnemental.

Par conséquent, l'enjeu sera de trouver l'équation à apporter à l'État pour qu'il comprenne l'intérêt d'accompagner ces nouveaux fermiers. Autrement dit, ce sont les personnes mêmes du territoire qui aideraient ces personnes à s'implanter.



## EN SAVOIR PLUS :

Association Fermes d'avenir  
<https://fermesdavenir.org/>

La ferme de la Bourdaisière  
<https://fermesdavenir.org/fermes-davenir/lhistoire-du-projet/la-ferme-de-la-bourdaisiere>

Ferme du Bec-Hellouin  
<http://www.fermedubec.com/>

## LEXIQUE

### Critère d'externalité positive :

Une externalité positive correspond au fait qu'une entité crée, par son activité, un effet externe en générant, sans contrepartie monétaire, une utilité ou un avantage.

# POUR ALLER *plus loin*



## OUVRAGES

### **Biomimétisme : quand la nature inspire des innovations durables**

Janine M. Benyus  
Éditions Rue de l'échiquier,  
2<sup>e</sup> édition, 2011

### **Le vivant comme modèle : la voie du biomimétisme**

Gauthier Chapelle,  
Michèle Decoust  
Éditions Albin Michel, 2015

### **Quand la nature inspire la science**

Mathilde Fournier  
Éditions Plume de carotte,  
2011

### **Le grand pillage**

Ugo Bardi  
Éditions Les petits matins/  
Institut Veblen, 2015



## VIDÉO

### **S'inspirer du vivant pour construire nos systèmes**

Kalina Raskin,  
TEDx VaugirardRoad,  
13 juin 2016  
Durée : 17 min.  
<http://ceebios.com/>



## RAPPORT

### **Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement**

Patricia Ricard  
Rapport du Conseil  
économique social et  
environnemental, 2016  
[www.lecese.fr/](http://www.lecese.fr/)



## ARTICLE

### **Biomimétisme, la nature comme mentor et modèle de durabilité**

Delphine Evesque, Tarik  
Chekchak, Pascal Greboval  
EKO LIBRIS. Kaizen, n° 28,  
septembre-octobre 2016,  
pp. 34-49



### REMERCIEMENTS

Iswann Ali Benali (Groupe Eiffage) ; Philippe Bihoux (Ingénieur, spécialiste des ressources non renouvelables) ; Louis Albert de Broglie (Deyrolle, Ferme de la Bourdaisière) ; Vincent Callebaut (Vincent Callebaut Architectures) ; Estelle Cruz (École centrale de Lyon, Ceebios) ; Emmanuel Delannoy (Institut Inspire) ; Henry Duchemin (Sociologue et apiculteur) ; Marine Jacques-Leflaive (Atelier Zéro Carbone Architectes) ; Florence Laubier (DREAL Bourgogne-Franche-Comté) ; Myriam Normand (ADEME Bourgogne-Franche-Comté) ; Ludovic Perridy (SUEZ Eau France) ; Thibault Prévost (Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer) ; Kalina Raskin (Ceebios) ; Jean-Michel Scheuren (Novobiom) ; Stéphane Woynaroski (Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté), et toute l'équipe d'Alterre.

La reproduction des informations contenues dans REPÈRES est autorisée, à condition d'en mentionner la source et l'origine. Alterre Bourgogne-Franche-Comté demande à toute personne utilisant ou reproduisant ces informations dans un document de bien vouloir lui en adresser un exemplaire.

### Périodique d'Alterre Bourgogne-Franche-Comté

La Bourdonnerie - 2, allée Pierre Lacroute  
21000 Dijon  
Tél. 03 80 68 44 30 - Courriel : [contact@alterrebfc.org](mailto:contact@alterrebfc.org)  
Site Internet : [www.alterrebουργognefranche.comte.org](http://www.alterrebουργognefranche.comte.org)  
Facebook : [www.facebook.com/AlterreBFC](http://www.facebook.com/AlterreBFC)  
Twitter : @AlterreBFC

### Directeur de la publication :

Jean-Patrick Masson

### Coordination :

Valérie Trivier  
Ont également collaboré : Nadège Austin,  
Perrine Lair, Fabienne Lapiche-Jaouen,  
Stéphanie Marquet, Aurélien Trioux

### Relectures :

Aurélie Berbey

### Design graphique :

Laurence Berthel

Couverture : Vincent Callebaut

Reportage photo : Alexis Doré

Imprimé par Imprimerie Fuchey

sur papier mix certifié FSC

Dépôt légal 2<sup>e</sup> trimestre 2017

ISSN : 1957-1798



Avec le concours financier de :

